

CUANTIFICACIÓN DE LA BIOMASA Y NUTRIENTES EN *Pinus elliottii* var. *elliottii*

Claudia M. B. F. Maia¹
Helton Damin da Silva²
A. Francisco J. Bellote³
Carlos Alberto Ferreira³
Jarbas Y. Shimizu²

ABSTRACT

The determination of the nutrient level in different tree components is necessary to understand the nutritional balance of forest plantations. It is then possible to calculate nutrient exports, the need for fertilization and design silvicultural practices which lead to the maintenance of site productivity. Current sampling methods are not reliable due to a lack of standardization, which leads to biased estimates of nutrient contents in tree components. This paper is aimed at determining stem biomass and N, Mg, K, P and Ca contents in 7 provenances of 7-year-old *Pinus elliottii*, and correlating these contents at different stem heights to total nutrient content in wood and bark. The best correlations were found at 2.5 - 5.5m height. Equations for estimation of total nutrient content in the wood and in the whole stem are also presented.

INTRODUCCIÓN

La cuantificación de los elementos nutritivos inmovilizados en los diferentes compartimientos de los árboles es necesaria para si conocer el balance nutricional de las plantaciones forestales. Este conocimiento posibilita estimar la cantidad de elementos nutritivos exportados, calcular la cantidad mínima a ser repuesta al suelo y, consecuentemente, orientar prácticas silviculturales que mantengan la productividad del sitio. Así, la comprensión de los procesos del ciclaje de nutrientes es fundamental pues, en suelos de baja fertilidad natural, el ciclaje biológico puede proveer casi la totalidad de las necesidades anuales de nutrientes de los árboles.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La acumulación de nutrientes en los diferentes compartimientos de los árboles, en general, es mayor en la madera que en las hojas y ramas (Silva, 1996), a pesar de las concentraciones serían mayores en las hojas, corteza, ramas, leño y raíces (Castro, 1984). Además, las concentraciones de nutrientes generalmente cambian con la edad de los árboles, la especie, calidad del suelo, época de colecta y edad fisiológica de las muestras (Pritchett, 1979 y Poggiani et al. 1983).

¹ Ingeniera Agrónoma, M.Sc., Embrapa-Florestas, Estrada da Ribeira Km 111, C.P.319, Colombo, Paraná, Brasil, CEP.83411-000, Fone:55(41)766.1313-Fax:55(41)766.1276 E-mail maia@cnpf.embrapa.br

²Ingeniero Forestal, Ph.D. y ³ Ingeniero Agrónomo, Ph.D., Embrapa-Florestas, Estrada da Ribeira Km 111, C.P.319, Colombo, Paraná, Brasil, CEP.83411-000, Trabajo presentado al Primer Congreso Latinoamericano IUFRO Valdivia Chile 1998

Las especies de *Pinus* subtropicales utilizadas en reforestaciones en el sur de Brasil, presentan alta productividad, mismo sin el uso de abonos. Este hecho tiene contribuyedo para el pequeño número de estudios sobre nutrición de *P. elliottii*. Todavía, rotaciones sucesivas pueden extenuar el suelo, comprometiendo la productividad de los sitios.

Las variaciones de concentraciones y contenidos de nutrientes, según los diferentes compartimientos y edades de los árboles, llevan a estudios también diferenciados por compartimiento. Aunque algunos trabajos presenten datos de deposición de nutrientes por la hojarasca (Helmisaari et al., 1995) y acumulación de nutrientes en la biomasa de plantaciones de *Pinus* sp. (Van Lear et al., 1995; Munson et al., 1995; Castro, 1984 y Kadeba, 1994), falta estandarización en la metodología de muestreo para la cuantificación de nutrientes, lo que perjudica los análisis comparativos y, por lo tanto, la confiabilidad de las estimativas de reposición de los elementos nutritivos al suelo.

Los procedimientos inadecuados de muestreo pueden ser responsables por la gran mayoría de los errores en las estimativas de concentraciones (Vettorazzo, 1994) y de los contenidos de nutrientes en los árboles. Suceden, también, errores en las estimativas de la biomasa acarreando errores en la estimativa del total de nutrientes en un poblamiento forestal (Valeri, 1988). Así, es necesario se definir una metodología de muestreo precisa y a bajo coste.

Los objetivos de este trabajo fueron: a) cuantificar la biomasa del fuste de siete procedencias de *Pinus elliottii* Engelm. var. *elliottii*, a los siete años de edad; b) cuantificar los nutrientes del fuste; y c) correlacionar los contenidos de nutrientes en diferentes alturas con el contenido total en la madera y corteza.

METODOLOGÍA

Fueron realizados muestreos en árboles de un experimento de procedencias de *P. elliottii*, con siete años de edad, ubicado en el municipio de Colombo, Estado del Paraná, Brasil. Seleccionararse veinte y un árboles por su forma y crecimiento, en cada una de las siete procedencias (Cuadro 1), de las cuales se colectó secciones transversales (discos) de los fustes, a cada 0,50 m (y a 1,3 m de altura), de la base hasta la altura comercial (diámetro mínimo de 6 cm con corteza), y se midió los diámetros con y sin corteza.

Cuadro 1. Procedencias de *Pinus elliottii* utilizadas en lo ensayo

| | | |
|--------------------|-----------------|--------|
| Irati | Paraná | Brasil |
| Telêmaco Borba | Paraná | Brasil |
| Georgetown County, | Carolina do Sul | EUA |
| Capão Bonito | São Paulo | Brasil |
| Levi County | Flórida | EUA |
| Forest County, , | Mississipi | EUA |
| Glynn County | Geórgia | EUA |

Fueron estimadas las densidades básicas de la corteza por el método de máximo contenido de humedad (Foelkel, 1971), y de la madera, según la Norma ABCP M14/70 (Associação...1974). El volumen total de los árboles fue calculado según el método de Smallian.

Los pesos fueron obtidos por la fórmula:
 $P = V \times db,$

donde: P = peso;
V = volume
db = densidad básica.

Los pesos totales por árbol fueron obtenidos por la suma de los pesos de los segmentos del tronco desde la base hasta la altura comercial.

Las muestras de madera y corteza, en las diferentes alturas fueron analizadas para la determinación de la concentración total de los siguientes elementos: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio. A partir de las concentraciones de los elementos fueron calculados los contenidos por segmento del fuste (madera y corteza) con base en el peso de cada segmento; el contenido total de nutrientes de los árboles fue estimado por la suma de los contenidos en cada segmento del fuste. Las mejores correlaciones entre los contenidos de nutrientes en las diferentes alturas y el contenido total en la madera y de la corteza fueron estimados por la análisis de regresión multivariada. El análisis de varianz indicó las ecuaciones para estimativas de nutrientes totales en lo fuste.

RESULTADOS

Las características dendrométricas de las siete procedencias de *P. elliottii* (media de 3 árboles por procedencia), son presentadas en el Cuadro 2. No se pretendió presentar resultados conclusivos con relación a la prueba de procedencias. No obstante, con respecto al peso, las procedencias originadas de Levi County y Glynn County resultaran en mayores pesos del fuste. La procedencia Irati, a pesar de el menor peso total (madera y corteza), presentó menor porcentaje de corteza, cuando comparada con las demás procedencias.

Cuadro 2. Medias de diámetros a la altura del pecho (DAP), volúmenes y pesos de las procedencias de *P. elliottii*, a los 7 años de edad, en Colombo, Paraná, Brasil.

| Procedencia. | DAP cm | HC m | Volume | | | Peso | | |
|-------------------|-----------|---------|-------------------------|--------------------------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|
| | | | total m ³ | madera m ³ | % de corteza | total kg | madera kg | % de Corteza |
| Irati | 16,87 | 11,32 | 0,17 | 0,14 | 18 | 54,26 | 46,06 | 15 |
| Telêmaco Borba | 17,57 | 11,27 | 0,18 | 0,14 | 22 | 61,33 | 49,05 | 20 |
| Georgetown County | 20,30 | 11,17 | 0,22 | 0,18 | 18 | 73,19 | 59,97 | 18 |
| Capão Bonito | 18,18 | 11,13 | 0,19 | 0,15 | 21 | 61,56 | 49,01 | 20 |
| Levi County | 21,33 | 11,43 | 0,26 | 0,22 | 19 | 83,73 | 68,30 | 18 |
| Forest County | 18,82 | 10,47 | 0,21 | 0,17 | 19 | 75,16 | 60,48 | 20 |
| Glynn County | 21,75 | 11,28 | 0,27 | 0,23 | 19 | 84,84 | 70,09 | 17 |
| Medio | 19,60 | 11,13 | 0,22 | 0,18 | 20 | 72,91 | 59,21 | 19 |

Los contenidos totales de nutrientes en la madera, corteza y total en el fuste en las diferentes procedencias se pueden observar en el Cuadro 3. La procedencia Glynn County presentó el mayor contenido de nutrientes en el fuste, con excepción del potasio, que fue más elevado en la procedencia Levi County.

Cuadro 3. Contenidos totales de nutrientes en el segmento fuste (en gramas),

en 7 procedencias de *Pinus elliottii*.

| MADERA | | | | | |
|-------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Procedencia | N | P | K | Ca | Mg |
| Irati | 56,36 | 6,29 | 26,20 | 24,51 | 7,48 |
| Telêmaco Borba | 70,56 | 5,82 | 29,30 | 25,36 | 10,53 |
| Georgetown County | 87,69 | 7,13 | 42,40 | 29,31 | 10,71 |
| Capão Bonito | 81,37 | 4,88 | 34,59 | 26,99 | 9,94 |
| Levi County | 103,87 | 11,93 | 51,21 | 28,27 | 13,84 |
| Forest County | 90,95 | 7,47 | 39,51 | 30,24 | 11,20 |
| Glynn County | 115,54 | 12,41 | 43,25 | 32,91 | 14,24 |
| Medio | 86,62 | 7,99 | 38,07 | 28,23 | 11,13 |

| CORTEZA | | | | | |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Procedencia | N | P | K | Ca | Mg |
| Irati | 37,52 | 2,20 | 14,17 | 13,90 | 3,65 |
| Telêmaco Borba | 50,11 | 2,73 | 20,27 | 23,09 | 5,60 |
| Georgetown County | 58,08 | 3,31 | 27,91 | 23,92 | 7,68 |
| Capão Bonito | 50,82 | 2,51 | 21,44 | 21,42 | 5,98 |
| Levi County | 59,91 | 10,14 | 25,06 | 17,80 | 6,22 |
| Forest County | 43,11 | 27,31 | 17,02 | 20,65 | 3,79 |
| Glynn County | 69,15 | 53,16 | 19,25 | 24,33 | 8,24 |
| Medio | 52,67 | 14,48 | 20,73 | 20,73 | 5,88 |

| CONTENIDOS TOTALES | | | | | |
|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Procedencia | N | P | K | Ca | Mg |
| Irati | 93,87 | 8,49 | 40,37 | 38,41 | 11,13 |
| Telêmaco Borba | 120,66 | 8,54 | 49,57 | 48,45 | 16,13 |
| Georgetown County | 145,77 | 10,43 | 70,31 | 53,24 | 18,39 |
| Capão Bonito | 132,20 | 7,39 | 56,02 | 48,41 | 15,92 |
| Levi County | 163,78 | 22,07 | 76,27 | 46,07 | 20,06 |
| Forest County | 134,06 | 34,77 | 56,53 | 50,89 | 14,99 |
| Glynn County | 184,69 | 65,58 | 62,51 | 57,24 | 22,48 |
| Medio | 139,29 | 22,47 | 58,80 | 48,96 | 17,01 |

Las correlaciones entre los contenidos de nutrientes en madera y totales (madera + corteza) en diferentes alturas, y el contenido total, son presentados en el Cuadro 4. Se puede observar que las mejores correlaciones estan entre las alturas de 2,5 m y 5,5 m. Las peores correlaciones estan entre 0 y 1,5 m de altura.

Cuadro 4. Correlaciones entre los contenidos de nutrientes en la madera y totales (madera + corteza) a diferentes alturas y el contenido total (g).

| Altura | N mad | N tot | P mad | P tot | K mad | K tot | Ca mad | Ca tot | Mg mad | Mg tot |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 0-0,5 | 0,84 | 0,91 | 0,88 | 0,97 | 0,80 | 0,79 | 0,77 | 0,70 | 0,65 | 0,76 |
| 0,5-1 | 0,89 | 0,95 | 0,93 | 0,93 | 0,83 | 0,79 | 0,90 | 0,85 | 0,67 | 0,85 |
| 1-1,3 | 0,87 | 0,86 | 0,88 | 0,89 | 0,70 | 0,64 | 0,86 | 0,81 | 0,81 | 0,71 |
| 1,3-1,5 | 0,84 | 0,79 | 0,86 | 0,91 | 0,64 | 0,63 | 0,83 | 0,73 | 0,70 | 0,62 |
| 1,5-2 | 0,92 | 0,89 | 0,92 | 0,98 | 0,80 | 0,80 | 0,89 | 0,81 | 0,84 | 0,85 |
| 2-2,5 | 0,96 | 0,97 | 0,94 | 0,98 | 0,88 | 0,89 | 0,96 | 0,91 | 0,96 | 0,95 |
| 2,5-3 | 0,97 | 0,97 | 0,98 | 0,98 | 0,89 | 0,90 | 0,96 | 0,93 | 0,94 | 0,94 |
| 3-3,5 | 0,96 | 0,98 | 0,96 | 0,73 | 0,91 | 0,89 | 0,98 | 0,94 | 0,97 | 0,96 |
| 3,5-4 | 0,97 | 0,98 | 0,97 | 0,74 | 0,91 | 0,92 | 0,90 | 0,85 | 0,98 | 0,95 |
| 4-4,5 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,97 | 0,93 | 0,93 | 0,88 | 0,83 | 0,99 | 0,96 |
| 4,5-5 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,94 | 0,96 | 0,93 | 0,96 | 0,89 | 0,98 | 0,97 |
| 5-5,5 | 0,96 | 0,97 | 0,95 | 0,98 | 0,96 | 0,93 | 0,94 | 0,90 | 0,97 | 0,78 |
| 5,5-6 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,98 | 0,92 | 0,91 | 0,93 | 0,89 | 0,92 | 0,79 |
| 6-6,5 | 0,95 | 0,95 | 0,94 | 0,94 | 0,93 | 0,91 | 0,94 | 0,90 | 0,93 | 0,90 |
| 6,5-7 | 0,97 | 0,96 | 0,96 | 0,96 | 0,94 | 0,92 | 0,95 | 0,91 | 0,95 | 0,95 |
| 7-7,5 | 0,90 | 0,88 | 0,95 | 0,98 | 0,85 | 0,87 | 0,88 | 0,85 | 0,88 | 0,90 |

Valores en negrito presentán las correlaciones más altas.

Las ecuaciones de regresión de los modelos que mejor estiman los contenidos de nutrientes en la madera y en el fuste son presentados en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Ecuaciones de regresión de los modelos que mejor estiman los contenidos de nutrientes en la madera y en el fuste.

| Nutriente | Ecuaciones | R ² |
|-----------|---|----------------|
| N madera | Nmad= 2,23 N _{0,5} + 5,12 N _{2,5} + 7,25 N ₃ | 0,99** |
| N total | Ntot= 1,94 N ₁ + 6,13 N _{2,5} + 8,69 N ₄ | 0,99** |
| P madera | Pmad= 1,06 P _{0,5} + 7,29 P ₃ + 8,60 P _{4,5} | 0,99** |
| P total | Ptot=-21,79 P _{2,5} + 27,20 P ₃ -18,57 P _{3,5} + 23,09 P ₄ + 10,19 P _{4,5} | 0,99** |
| K madera | Kmad= 2,28 K ₁ + 16,65 K ₅ | 0,99** |
| K total | Ktot= 2,59 K _{0,5} + 5,68 K _{2,5} + 9,22 K ₅ | 0,99** |
| Ca madera | Camad= 0,86 Ca _{0,5} + 1,03 Ca ₁ + 8,99 Ca _{3,5} + 6,43 Ca ₅ | 0,99** |
| Ca total | Catot= 2,98 Ca ₁ + 12,98 Ca _{3,5} | 0,99** |
| Mg madera | Mgmad=-2,29 Mg _{0,5} + 4,24 Mg ₁ - 5,58 Mg ₃ + 23,67 Mg _{4,5} | 0,99** |
| Mg total | Mgtot= 2,96 Mg ₁ + 7,41 Mg _{3,5} + 8,21 Mg ₅ | 0,99** |

Los índices en las ecuaciones indican la altura de muestreo en el tronco

CONCLUSIONES

Las mejores alturas para muestreo de nutrientes en el fuste estan entre 2,5 e 5,5 m. Aunque la colecta de muestras a tales alturas seja poco

prática, estes dados son preliminares y pueden ser ajustados para puntos más accesibles possibilitando así, procedimientos de muestreo no destructivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Normas de Ensaio, São Paulo, 1974.
- FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para Determinação de Densidade Básica de Cavacos para Coníferas e Folhosas. *IPEF*, Piracicaba, (2/3): 65 -74, 1971.
- CASTRO, C. F. A. Distribuição da Fitomassa Acima do Solo e Nutrientes em Talhões de *Pinus oocarpa* Schiede Plantados no Estado de São Paulo. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1984. Dissertação de Mestrado.
- HELMISAARI, H. S., HUTTL, R. F., NILSSON, L. O. e JOHANSSON, U. T. Nutrient cycling in *Pinus sylvestris* stands in eastern Finland *Plant and Soil* 1995, 168-169:327-336.
- KADEBA, O. Growth and nutrient accumulation by *Pinus caribea* on three savanna sites in northern Nigeria *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1994, 49:2, pag. 139-147.
- MUNSON, A. D., MARGOLIS, H. A. e BRAND, D. G. Seasonal nutrient dynamics in white spruce in response to environmental manipulation *Tree Physiology* 1995, 15:3, pag. 141-149.
- POGGIANI, F., COUTO, H. T. Z. do, SUITER FILHO, W. Biomass and nutrient estimates in short rotation intensively cultured plantation of *Eucalyptus grandis*. *IPEF*, Piracicaba, 23: 37-42, 1983.
- PRITCHETT, W. L. Properties and Management of Forest Soils. 1979, John Wiley & Sons New York, 500 p.
- SILVA, H.D. Modelos Matemáticos para a Estimativa da Biomassa e do Conteúdo de Nutrientes em Plantações de *Eucalyptus grandis* Hill (ex- Maiden) em Diferentes Idades. Curitiba: UFPr, 1996. Tese de Doutorado.
- VAN LEAR, D.H. e KAPELUCK, P.R. Above and below stump biomass and nutrient content of a mature loblolly pine plantation *Canadian Journal of Forest Research* 1995, 25:2, pag. 361-367.
- VALERI, S. V. Exportação de Biomassa e Nutrientes de Povoamentos de *Pinus taeda* L. Desbastados em Diferentes Idades. Curitiba: UFPR, 1988. Tese de Doutorado.
- VETTORAZZO, S. C. Intensidade e Local de Amostragem para Diagnose Foliar de *Pinus taeda*. Piracicaba, ESALQ, 1994. Tese de Doutorado.